FACTSHEET

AGRICULTURAL ENGINEERING

ORDER NO. 04-021

APRIL 2004

AGDEX 715

Ontario Ministry of Agriculture and Food

QUALITY CONCRETE ON THE FARM

J. Johnson

(Replaces OMAF Factsheet *Quality Concrete on the Farm*, Order No. 92-153)

Concrete is a material used on almost every farm because of its strength, form flexibility, and characteristics beneficial to environmentally sound practices. Processing and value-added facilities such as composting operations, biogas generation and anaerobic digestion facilities are using concrete as an integral part of their operations as well. Quality concrete provides:

- long service life
- lower annual maintenance costs
- fire resistance
- reduced bacterial growth
- easy to clean surface
- increased durability of surfaces that are resistant to cracking, abrasion, scaling, acids and other harsh environments
- environmental compliance.

The quality of concrete is affected by a number of factors. This Factsheet describes the components of concrete, explains how it should be handled after mixing, and sets out what specifications are required for some agricultural projects.

WHAT IS CONCRETE?

Concrete is a mixture of Portland cement, water, fine aggregate (sand) and coarse aggregate (stone). Depending on a structure's requirements, these components are mixed in specific ratios to achieve the desired quality and design specifications.

When mixed, the water and cement form a paste, which coats the gravel and sand and bonds them together. Through a chemical process called "hydration", the cement reacts with the water to form gels, which grow to fill the spaces between the particles of the mix. In this way the concrete hardens into a rigid mass.

Increasing the strength of concrete makes it denser, more watertight and corrosion resistant. Changing the ratios of the 4 main components as well as using additives such as air-entraining, bonding and foaming agents, silica fume and fly ash will vary the characteristics of concrete.

Three main items affect the qualities of concrete:

- water/cementing materials ratio
- placement procedures
- curing.

Most farm applications require concrete to be strong, dense, watertight and resistant to environmental exposure, i.e., freeze-thaw action. Storage structures, barn floors and feeding bunks need to be resistant to severe abrasion and chemical action. *Figure 1* shows a typical in-ground concrete structure used to store livestock manure.

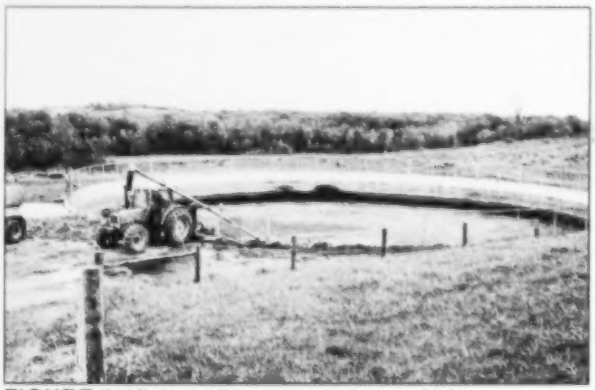

FIGURE 1. High quality concrete is needed to construct barns and manure storage structures.

WATER/CEMENTING MATERIALS RATIO

The *water/cementing materials ratio* (W/CM) is the ratio, by weight, of the water to cement in a concrete mixture. Concrete for farm use needs a water/cementing material ratio of about 0.45. A water/cementing materials ratio of 0.45 means that for every 1 kg of cement in the mix, use 0.45 kg of water. The ratio should be slightly lower for severe exposures and can be slightly higher for mild exposures (see Table 1, *Exposure vs. Water/Cementing Materials Ratio and Minimum 28-Day Compressive*

Strength for exposure conditions). *Figure 2* demonstrates the effect of the water/cementing materials ratio on the compressive strength of concrete.

W/CM is an important factor in determining the strength and permeable properties of concrete.

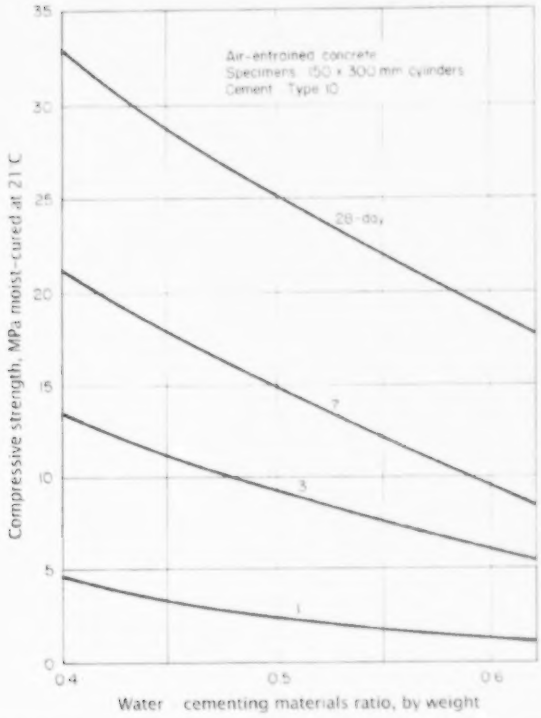

FIGURE 2. Compressive strength of concrete versus its Water/Cementing Materials Ratio.

The strength of concrete is measured in MegaPascals (MPa) of compressive strength. Applications on the farm vary from 15 MPa for below-grade footings to 35 MPa for severe applications like barn slats and reinforced beams.

If excess water is used in making the concrete, the resulting mixture has more space between the particles of the concrete mixture than can be filled by the cement gel. This results in a weaker, more porous and less durable concrete that may not be able to withstand the exposure for which it was designed. Adding as little as 2% extra water to a concrete mixture can reduce strength by 15%. Since farm concrete is usually subjected to severe exposure conditions, it needs to be of the highest quality possible.

TABLE 1. Exposure vs. Water/Cementing Materials Ratio and Minimum 28-Day Compressive Strength

Class of Concrete	Use	Maximum Water/ Cementing Material Ratio	Minimum 28-Day Compressive Strength, MPa
C-1	Severe exposure (silos, floor slats, manure tanks)	0.40	35
C-2	Normal exposure (barnyards, floors, walls, foundations, beams)	0.45	32
N	Mild exposure (footings) Non-reinforced Not exposed to freeze-thaw action	0.55	25

Note: All concrete should be air-entrained from 4%–8% of the concrete volume. Refer to CSA A23.1 Table 10.
Also see: Canadian Farm Builders Association – Guidelines for Concrete Specifications

PLACEMENT PROCEDURES FOR CONCRETE

Concrete should be "placed" and not "poured". Do not expect concrete to flow around form-work or over the ground. Place it within 1 m of its final position in the work. By doing this, separation of the paste from the aggregates is less likely.

Concrete placed in forms should be puddled or vibrated to achieve a dense product with minimum permeability that is free of air pockets. This procedure increases the strength and durability of the concrete, and allows excellent bonding to reinforced steel, joints and water stops.

Concrete placed in slabs requires leveling, floating and texturing as part of the placement process. If concrete can be placed, consolidated and finished without undue effort, it is said to be "workable". The workability of concrete can be increased by the addition of water, but this is not a desirable method unless the cement content is also increased to maintain the correct water/cementing material ratio. Instead, chemical admixtures can be mixed in to increase the workability without the use of water.

Concrete Additives

Admixtures include water reducers, superplasticizers and air-entrainers. Various admixtures affect workability, bonding, damp-proofing, permeability, grouting, gas-forming and pumping characteristics of concrete. To achieve concrete that meets or exceeds required code specification, follow proper mixing, placement and curing procedures without resorting to admixtures except air-entraining agents that are required for most farm applications. However, there are situations where the use of admixtures can:

- reduce costs of concrete projects
- achieve certain characteristics in concrete that cannot be obtained by other procedures
- maintain the quality during mixing, transportation, placing and curing of concrete, especially in adverse weather conditions
- contend with unexpected emergencies during all phases of concrete operations.

Use the American Society for Testing and Materials (ASTM) standards when adding any admixture to concrete. The Canadian Standards Association (CSA) cites these standards in *A23.1 Concrete Materials and Methods of Concrete Construction* with respect to admixtures.

CURING

Proper curing of concrete has a very important influence on the final properties of the concrete. Curing is the process of maintaining the temperature and humidity conditions so that the cement hydration reaction can take place. Water must be **continually** available to the cement particles for hydration to continue. This continuing hydration will cause the concrete to become stronger, less porous and more durable. When moisture is no longer available, **hydration stops.**

Figure 3 shows the relative strengths of identical concrete cured for different periods of time. Concrete that has moist-cured for 7 days has reached 75% of its rated strength and achieves 100% strength by the end of 180 days. By comparison, concrete cured for 3 days attains only 80% strength and uncured concrete, only 55% of its rated strength.

To maintain moisture, cover with plastic or apply spray-on curing compounds. These vapour barriers retain the water in the concrete by preventing evaporation. On level surfaces, add water by sprinkling or ponding, or by adding coverings such as waterproof films, damp sand, wet burlap or straw. On formed concrete, leaving the forms on helps contain moisture in the concrete.

To properly cure concrete, you must also control the temperature. The optimum temperature is 15°C (60°F) with the upper limit 32°C (90°F) and the lower limit 4°C (40°F). At high temperatures, apply cool water to keep the concrete cool. In cold weather, keep the concrete warm by using insulation, heated forms or heated enclosures. The setting of concrete generates heat that can be used if it is held in by insulation.

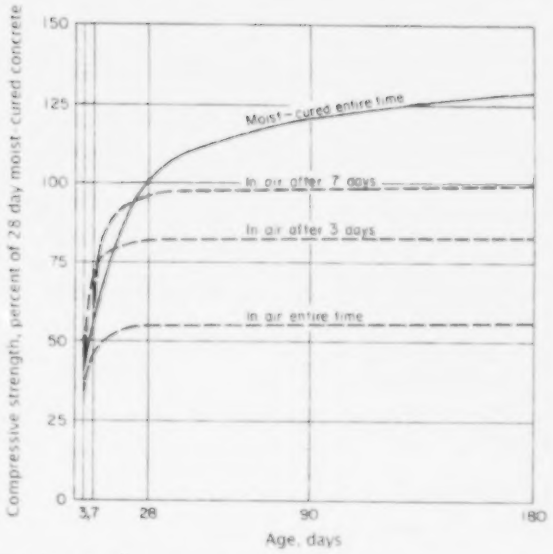

FIGURE 3. Proper curing results in an increase in concrete strength.

Fresh concrete must be protected from freezing because expanding ice crystals cause surface damage, cracking, increased permeability, heaving and structural faults. Protecting the concrete for at least 3 days at a temperature of 10°C or above allows the concrete to gain sufficient strength to withstand freeze-thaw cycles.

ADDING STRENGTH TO CONCRETE

To achieve early strength, add extra cement to the mixture. For farm-mixed concrete, increase the amount of cement as shown in Table 2, *Proportions by Mass to Make 1/10 cubic metre of Concrete for Small Jobs*. Curing is also very important when using a high-strength concrete at an earlier age. The length of time the concrete must be protected against freezing can be reduced from three days to one day, when high-early-strength concrete and good curing procedures are used.

TABLE 2. Proportions by Mass to Make 1/10 cubic metre of Concrete for Small Jobs[1]

Maximum size of coarse aggregate (mm)	Air-entrained concrete			
	Cement (kg)	Wet, fine aggregate (kg)	Wet, coarse aggregate (kg)[2]	Water (kg)
10	46	85	74	16
14	43	74	88	16
20	40	67	104	16
40	37	61	120	14

[1] This mix is to be used in situations where structural capability is not critical.

[2] If crushed stone is used, decrease coarse aggregate by 5 kg and increase fine aggregate by 5 kg.

The most common cause of poor quality concrete in farm projects is improperly cured concrete. To meet concrete's design strength, CSA A23.1 asserts that the normal curing period for concrete must be a minimum of three days at a minimum temperature of 10°C or when 40% of the 28-day strength (MPa) is achieved. For conditions of moderate to severe exposure to freeze-thaw or high sulphates, a curing period of 7 days or until 70% of the specified 28-day strength (MPa) is required.

ON-SITE MIXING

Use Table 3, *Proportions by Volume of Concrete for Small Jobs*, as a guide for mixing concrete for farm use. The water content may vary slightly from that suggested in the table, depending on the moisture content of the sand. After a rain, the water requirement will not be as great if the sand had been sitting through a period of hot, dry weather.

TABLE 3. Proportions by Volume of Concrete for Small Jobs[1]

Maximum size of coarse aggregate (mm)	Air-entrained concrete			
	Cement	Wet, fine aggregate	Wet, coarse aggregate	Water
10	1	2¼	1½	½
14	1	2¼	2	½
20	1	2¼	2½	½
40	1	2¼	3	½

[1] The combined volume is approximately two-thirds of the sum of the original bulk volumes. This mix is to be used in situations where structural capability is not critical.

AIR-ENTRAINMENT OF CONCRETE

All concrete on the farm should be air-entrained. Ordinary concrete contains about 2% entrapped air, but in large voids. Adding an air-entraining admixture results in millions of tiny air bubbles being produced in the concrete.

Increasing the air content up to a maximum of 8%:

- increases workability
- decreases permeability
- decreases freeze thaw damage
- reduces segregation.

The tiny bubbles of entrained air act as a lubricant between aggregate particles, causing them to slide over one another easily. These tiny bubbles eliminate the large voids that allow water to penetrate and expand during freezing. This water is the cause of freeze-thaw damage in non air-entrained concrete. Since the entrained air increases workability, the water/cementing materials ratio can be reduced, thus increasing the strength, durability and wear resistance of the concrete. Air-entrainment is required by *NSTS-04 Concrete, Steel or Equivalent Storage Facilities Protocol* and *Nutrient Management Act*, Regulation 267/03 as amended for agricultural projects.

REGULATION AND SPECIFICATIONS FOR ON-FARM PROJECTS

The Canadian Farm Builders Association (CFBA) has released new concrete guidelines to address public concerns about the environmental integrity of agriculture buildings and manure storage structures. With input from consulting engineers, OMAF, the Ready Mixed Concrete Association of Ontario, contractors and building officials, guidelines have been developed to ensure all new construction projects meet the recent changes to *Canadian Standards Association (CSA)* A23.1, the *Ontario Building Code* and the *National Farm Building Code of Canada (NFBC)*.

In particular, operators who mix their own concrete for farm projects need to be familiar with the various regulations, building codes and standards. Before mixing concrete, familiarize yourself with these requirements, including:

- CSA A23.1 *Concrete Materials and Methods of Concrete Construction* (Canadian Standards Associations)
- CSA A23.3 *Design of Concrete Structures*
- *Ontario Building Code*
- *National Farm Building Code of Canada*
- The O. Reg. 267/03 as amended and associated protocols made under the *Nutrient Management Act, 2002 (NMA)*
- NSTS-04 *Concrete, Steel or Equivalent Storage Facilities.*

Concrete requirements are stated in Part VIII, Siting and Construction Standards and in Part VII Outdoor Confinement Areas of the *NMA* Regulation 267/03 as amended. When constructing a concrete storage facility, NSTS-04 establishes the minimum standards regarding concrete characteristics. Design specifications and requirements for concrete foundations, floors and walls are covered in this Protocol. Concrete quality is further described by established standards regarding concrete materials, properties, air-entrainment, admixtures, sulphate resistance and concrete covers. NSTS-04 *Concrete, Steel or Equivalent Storage Facilities Protocol* commonly refers to specifications provided by CSA A 23.1 and A23.3.

READY-MIXED CONCRETE

Order ready-mixed concrete according to its final use. For example, use higher strength in high wear areas. For flat work, use 40 mm (1½ in.) maximum size aggregate

and 50–100 mm (2–4 in.) slump. For formed work, use 20 mm (3/4 in.) maximum size aggregate and a 75–125 mm (3–5 in.) slump. Slump is a concrete specification that defines the workability of a concrete mix. The higher the slump, the more fluid the mixture.

In addition to the above specifications, all concrete on the farm should be air-entrained. The presence of tiny air bubbles throughout the concrete greatly decreases the damage from frost and acids. Specify 5%–8 % when using 20 mm (3/4 in.) aggregate. **Do not add extra water**. The proper amount of water has been added to the mix at the plant and extra water will seriously affect the strength, durability, and water tightness of the finished concrete throughout its lifetime.

The advantages of using ready-mixed concrete supplied by a Ready Mixed Concrete Association of Ontario (RMCAO) certified concrete facility include:

- concrete meets W/CM ratio specifications and CSA requirements
- raw materials used to produce concrete are properly tested and certified prior to use
- ongoing quality and product testing to ensure concrete meets the minimum standards, and
- audits and certification of member facilities.

Ready-mixed concrete can be produced as a High Performance Concrete (HPC) when applications require improved durability, strength and impermeability. HPC has a maximum W/CM ratio of less than 0.36 and the minimum 28-day strength (MPa) designed by an engineer. Examples of HPC recommended applications include reinforced beams, slabs and columns over manure pits and silos, and floor slats as well as applications with high chemical exposures.

SUMMARY

Concrete is used on almost every farm building project. Be sure to follow the guidelines outlined in this Factsheet and adhere to all applicable codes and regulations. In doing so, you will produce concrete structures with the needed strength, durability and integrity.

References and Sources

- Ontario Regulation 267/03 as amended, made under the *Nutrient Management Act, 2002*
- NSTS-04 Concrete, Steel or Equivalent Storage Facilities, Construction and Siting Protocol
- CSA A23.1 Concrete Materials and Methods of Concrete Construction
- CSA A23.3 Design of Concrete Structures
- *Ontario Building Code* (*OBC*)
- *National Farm Building Code of Canada* (*NFBCC*)
- Specifying Concrete for Agricultural Applications M-9012, Canada Plan Service
- ASTM C494 Specifications for Chemical Admixtures for Concrete
- *Concrete Thinking in Agriculture Solutions: Concrete Manure Storage Structures, Specifications and Standards in Canada*. Cement Association of Canada, Dennis Darby, 2003
- *Guidelines for Concrete Specifications*, Canadian Farm Builders Association (CFBA)

This Factsheet was written by **John Johnson**, Engineer, Structural Design, Resources Management Branch, Ontario Ministry of Agriculture and Food, London.

Do you know about Ontario's new *Nutrient Management Act*?

The provincial *Nutrient Management Act* (*NMA*) and the Regulation 267/03, as amended, regulates the storage, handling and application of nutrients that could be applied to agricultural crop land. The objective is to protect Ontario's surface and groundwater resources.

Please consult the regulation and protocols for the specific legal details. This Factsheet is not meant to provide legal advice. Consult your lawyer if you have questions about your legal obligations.

For more information on the *NMA* call the Nutrient Management Information Line at 1-866-242-4460, e-mail *nman@omaf.gov.on.ca* or visit www.omaf.gov.on.ca.

Factsheets are continually being updated so please ensure that you have the most recent version.

FOR YOUR NOTES

Agricultural Information Contact Centre
1-877-424-1300
ag.info@omaf n.ca

www.omaf.gov.on.ca

POD
ISSN 1198-712X
Également disponible en français
(commande n° 04-022)

Ontario

FICHE TECHNIQUE

GÉNIE AGRICOLE

COMMANDE N° 04-022

AVRIL 2004

AGDEX 715

Ontario Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

BÉTON DE QUALITÉ À LA FERME

J. Johnson

(En remplacement de la fiche technique portant le même titre, commande n° 92-154)

Le béton est un matériau utilisé sur presque toutes les fermes en raison de sa force et de son ouvrabilité, et du fait qu'il se prête à des pratiques écologiques. Les installations de transformation et de produits à valeur ajoutée comme les exploitations de compostage, les sites de production de biogaz et de digestion anaérobie utilisent aussi le béton dans le cadre de leurs activités. Un béton de qualité procure :

- une longue vie utile à la structure;
- des coûts annuels d'entretien moins élevés;
- la résistance au feu;
- la réduction de la prolifération bactérienne;
- des surfaces faciles d'entretien;
- une durabilité accrue des surfaces, qui sont résistantes à la fissuration, à l'abrasion, à l'écaillage, aux acides et autres environnements hostiles;
- le respect de l'environnement.

La qualité du béton dépend d'un certain nombre de facteurs. La présente fiche technique décrit les composantes du béton, explique comment le manipuler après le malaxage, et fournit des normes techniques à respecter pour certaines constructions agricoles.

QU'EST-CE QUE LE BÉTON?

Le béton est un mélange de ciment portland, d'eau, d'agrégats fins (sable) et d'agrégats grossiers (pierre). Selon les exigences de la structure, ces éléments sont mélangés selon des rapports particuliers pour donner la qualité voulue et répondre aux normes de conception.

Le mélange d'eau et de ciment forme une pâte qui enrobe le gravier et le sable et les lie ensemble. La réaction chimique entre le ciment et l'eau, qu'on appelle hydratation, produit des gels qui remplissent les espaces entre les particules du mélange. Le béton durcit ainsi en une masse rigide.

L'augmentation de la force du béton le rend plus dense, plus étanche à l'eau et plus résistant à la corrosion. On modifie les caractéristiques du béton en modifiant la proportion de chacun des quatre éléments ainsi qu'en ajoutant des adjuvants comme les entraîneurs d'air, les produits de reprise, les agents moussants, les fumées de silice et les cendres volantes.

Les qualités du produit durci dépendent de trois facteurs :

- le rapport eau-ciment;
- les procédés de mise en place;
- la cure du béton.

La plupart des utilisations à la ferme réclament du béton fort, dense, étanche à l'eau et résistant aux facteurs environnementaux, c.-à-d. à l'action gel-dégel. Les structures d'entreposage, les planchers d'étables et les distributeurs de fourrage doivent résister à l'action puissante de produits abrasifs et de produits chimiques. La *figure 1* montre une structure en béton creusée dans le sol pour emmagasiner le fumier des animaux d'élevage.

FIGURE 1. La construction de logements pour animaux et de structures d'entreposage du fumier exige du béton de haute qualité.

RAPPORT EAU-CIMENT

Le *rapport eau-ciment* est le rapport, en poids, entre l'eau et le ciment dans un mélange de béton. Le rapport eau-

ciment d'un béton utilisé à la ferme devrait être d'environ 0,45. Un rapport eau-ciment de 0,45 signifie que pour chaque kilogramme de ciment dans le mélange, on utilise 0,45 kg d'eau. Le rapport doit être un peu plus bas si les conditions d'exposition sont extrêmes, et il peut être un peu plus élevé si l'exposition est légère (voir le tableau 1, *Exposition c. rapport eau-ciment et résistance minimale à la compression à 28 jours,* pour des détails sur les conditions d'exposition). La *figure 2* montre les effets du rapport eau-ciment sur la résistance du béton à la compression.

Le rapport eau-ciment est un facteur important dans la détermination de la force et de la perméabilité du béton.

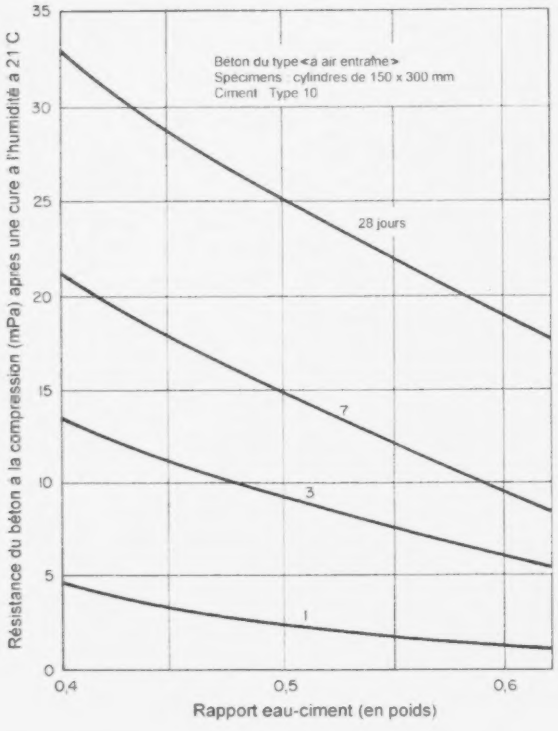

FIGURE 2. Résistance du béton à la compression en fonction du rapport eau-ciment.

La force du béton est mesurée en mégapascals (MPa) de résistance à la compression. Les utilisations à la ferme varient de 15 MPa pour une semelle sous le niveau du sol à 35 MPa pour des structures plus sollicitées comme des caillebotis et des poutres armées.

Si l'on utilise trop d'eau dans le mélange de béton, les espaces seront plus grands entre les particules du mélange et le gel de ciment ne parviendra pas à les remplir. Il en résultera un béton plus faible, plus poreux et moins durable, qui risque de ne pas résister aux conditions d'exposition auxquelles on l'avait destiné. Le fait d'ajouter aussi peu que 2 % d'eau de plus au mélange peut faire perdre au béton jusqu'à 15 % de sa force. Comme le béton à la ferme est généralement soumis à des conditions d'exposition extrêmes, il doit être de la meilleure qualité possible.

TABLEAU 1. Exposition c. rapport eau-ciment et résistance minimale à la compression à 28 jours

Classe de béton	Utilisation	Rapport maximal eau-ciment	Résistance minimale à la compression à 28 jours (MPa)
C-1	Exposition extrême (silos, caillebotis, citernes à lisier)	0,40	35
C-2	Exposition normale (cours extérieures, planchers, murs, fondations, poutres)	0,45	32
N	Exposition légère (semelles) Non armé Non exposé au gel-dégel	0,55	25

Nota : Tout béton doit être du type « à air entraîné », l'air entraîné devant représenter 4–8 % du volume du béton. Voir le tableau 10 de la norme CSA A23.1.
Voir également : Canadian Farm Builders Association – *Guidelines for Concrete Specifications.*

PROCÉDÉS DE MISE EN PLACE DU BÉTON

Le béton doit être « mis en place » et non « versé ». On ne doit pas s'attendre à ce que le béton s'écoule de lui-même autour des éléments coffrés ou à la surface du sol. Il faut le mettre en place à moins de 1 m de sa position finale afin de réduire au minimum le risque de ségrégation entre la pâte et les agrégats.

Le béton mis en place dans des coffrages doit être tassé ou vibré pour que le produit soit aussi dense que possible, qu'il soit le moins perméable possible et qu'il soit exempt de poches d'air. On augmente de cette façon la résistance à la compression et la durabilité du béton et on s'assure qu'il adhère bien à l'acier d'armature, aux joints et aux dispositifs d'étanchéité.

Dans le cas des dalles, le procédé de mise en place du béton exige, entre autres, l'aplanissage, le talochage et le traitement de finition destiné à donner une texture au béton. Si le béton peut être mis en place, consolidé et fini sans difficulté particulière, on dit qu'il a une grande « ouvrabilité ». On peut améliorer son ouvrabilité en ajoutant de l'eau mais cette solution n'est de toute évidence pas souhaitable, à moins qu'on augmente en même temps la teneur en ciment pour maintenir le rapport eau-ciment recherché. On utilisera plutôt des

adjuvants pour en améliorer l'ouvrabilité sans l'addition d'eau.

Adjuvants du béton

Les adjuvants comprennent les réducteurs d'eau, les superplastifiants et les entraîneurs d'air. Différents adjuvants influencent l'ouvrabilité, l'adhérence, l'étanchéité à l'humidité, l'imperméabilité, le coulage, la formation de gaz et la facilité de pompage du béton. Pour obtenir du béton qui respecte ou dépasse les exigences du code, suivre à la lettre les procédures de malaxage, de mise en place et de cure, sans utiliser d'adjuvants, sauf les entraîneurs d'air, qui sont nécessaires à la plupart des applications à la ferme. Il y a toutefois des situations où l'utilisation d'adjuvants peut :

- reduire les coûts des constructions en béton;
- donner au béton des caractéristiques que d'autres procédés ne permettent pas d'obtenir;
- maintenir la qualité durant le malaxage, le transport, la mise en place et la cure du béton, surtout si les conditions météorologiques sont hostiles;
- convenir à des urgences durant une phase ou une autre des activités.

Utiliser la norme de la American Society for Testing and Materials (ASTM) quand vient le temps d'ajouter des adjuvants. L'Association canadienne de normalisation (CSA) cite la norme suivante relativement aux adujvants : *A23.1, Béton : constituants et exécution des travaux.*

CURE

La cure a une grande influence sur les propriétés finales du béton. La cure consiste à maintenir des conditions de température et d'humidité propices à l'hydratation du ciment. L'eau doit être **continuellement** disponible aux particules de ciment pour que l'hydratation se poursuive. Cette hydratation continue rendra le béton plus fort, moins poreux et plus durable. Quand l'humidité n'est plus disponible, **l'hydratation s'arrête.**

La *figure 3* illustre les différences de résistance à la compression qu'affichera un même béton soumis à des durées de cure différentes. Le béton soumis à 7 jours de cure à l'humidité atteint 75 % et 100 % de sa résistance nominale après 7 jours et 180 jours respectivement. Par comparaison, le béton soumis à 3 jours de cure n'atteint que 80 % de sa résistance nominale et le béton qui n'est soumis à aucune cure n'atteint que 55 % de sa résistance nominale.

Pour maintenir l'humidité, on couvre le béton d'une pellicule plastique ou on applique des produits de cure par vaporisation. On retient ainsi l'eau dans le béton en empêchant l'évaporation. Sur les surfaces planes, on peut ajouter de l'eau par arrosage ou recouvrir le béton d'une nappe d'eau, de films imperméables, de sable mouillé ou de jute ou de paille imbibée d'eau. Dans le cas du béton coffré, le fait de garder les coffrages en place aide à maintenir l'humidité dans le béton.

Pour obtenir une cure adéquate, il faut aussi surveiller la température. La température idéale est de 15 °C (60 °F), le maximum étant de 32 °C (90 °F) et le minimum, de 4 °C (40 °F). Par temps chaud, on utilise de l'eau fraîche pour garder le béton frais. Par temps froid, on empêche le béton de perdre sa chaleur en utilisant des matériaux isolants ou des coffrages ou des abris chauffés. L'hydratation du ciment génère de la chaleur qui sera utile si elle est conservée dans le béton par un isolant.

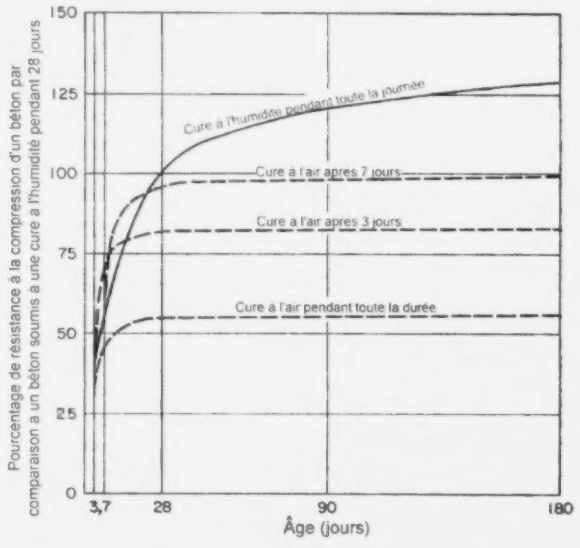

FIGURE 3. Une cure adéquate donne un béton plus fort.

On doit protéger le béton frais contre le gel. L'expansion des cristaux de glace cause des dommages en surface, des fissures, une augmentation de la perméabilité, du gonflement et des défauts structuraux. Protégé pendant au moins 3 jours à 10 °C (50 °C) ou plus, le béton peut résister aux cycles de gel-dégel.

RENFORCEMENT DU BÉTON

On obtient une meilleure résistance initiale en ajoutant une quantité supplémentaire de ciment au mélange. Pour le béton préparé à la ferme, on peut augmenter les quantités de ciment tel qu'il est indiqué dans le tableau 2, *Dosages (en masse) pour fabriquer 0,1 m^3 de béton pour petits travaux.* La cure du béton est aussi très importante quand on utilise un béton à haute résistance initiale. On

peut écourter la durée de protection du béton contre le gel de 3 jours à 1 jour quand on utilise ce type de béton et qu'on adopte de bons procédés de cure.

TABLEAU 2. Dosages (en masse) pour fabriquer 0,1 m³ de béton pour petits travaux[1]

Grosseur maximale des agrégats grossiers (mm)	Béton à air entraîné			
	Ciment (kg)	Agrégats fins humides (kg)	Agrégats grossiers humides (kg)[2]	Eau (kg)
10	46	85	74	16
14	43	74	88	16
20	40	67	104	16
40	37	61	120	14

[1] Ce mélange est destiné aux situations où la capacité structurale ne revêt pas une importance capitale.

[2] Si l'on utilise de la pierre concassée, diminuer le dosage des agrégats grossiers de 5 kg et augmenter dans la même mesure, le dosage des agrégats fins.

Le plus souvent, si la qualité du béton est mauvaise dans une construction agricole, c'est à cause d'une cure déficiente. Selon la norme CSA A23.1, le béton atteint la force voulue lorsqu'il est soumis à une durée de cure normale d'au moins 3 jours à une température minimale de 10 °C ou lorsque 40 % de sa résistance à 28 jours (MPa) est atteinte. Si l'exposition au gel-dégel ou aux sulfates est de modérée à extrême, le béton atteint la résistance voulue lorsqu'il est soumis à une durée de cure normale de 7 jours ou lorsque 70 % de sa résistance à 28 jours (MPa) est atteinte.

MALAXAGE SUR PLACE

Le tableau 3, *Dosages du béton (en volume) pour petits travaux*, peut servir de guide pour le mélange de béton utilisé à la ferme. La teneur en eau peut différer légèrement de celle qui est indiquée dans le tableau, selon le degré d'humidité du sable. Après une pluie, il faudra moins d'eau que si le sable a été exposé à une période de temps chaud et sec.

TABLEAU 3. Dosages du béton (en volume) pour petits travaux[1]

Grosseur maximale des agrégats grossiers (mm)	Béton à air entraîné			
	Ciment	Agrégats fins humides	Agrégats grossiers humides	Eau
10	1	2¼	1½	½
14	1	2¼	2	½
20	1	2¼	2½	½
40	1	2¼	3	½

[1] Le volume combiné représente environ les 2/3 de la somme des volumes initiaux de chacun des composants. Ce mélange est destiné aux situations où la capacité structurale ne revêt pas une importance capitale.

ENTRAÎNEMENT D'AIR DANS LE BÉTON

Tout béton utilisé sur la ferme doit être du type « à air entraîné ». Le béton ordinaire renferme à peu près 2 % d'air occlus, mais cet air se trouve dans de grands vides. L'addition d'un adjuvant entraîneur d'air a pour effet de produire des millions de toute petites bulles d'air dans le béton.

L'augmentation de la teneur en air jusqu'à un maximum de 8 % a les effets suivants sur le béton :

- augmentation de son ouvrabilité;
- diminution de sa perméabilité;
- diminution du risque de dommages causés par le gel-dégel;
- réduction de la ségrégation.

Les petites bulles d'air entraîné agissent comme un lubrifiant entre les particules d'agrégats, les faisant glisser les unes sur les autres avec facilité. Elles éliminent les grands vides qui sont vulnérables à la pénétration d'eau dont le gel cause l'expansion (les dommages dus au gel-dégel se produisent dans le béton sans air entraîné). Étant donné que l'air entraîné augmente l'ouvrabilité du béton, on peut réduire le rapport eau-ciment et augmenter du même coup la résistance à la compression du béton, sa durabilité et sa résistance à l'usure. Un béton à air entraîné est exigé par la norme technique de stockage des éléments nutritifs NSTS-04, Installations d'entreposage en béton, en acier ou en matériaux équivalents, prévue par le *Protocole de sélection d'un site et de construction [des constructions agricoles]* dans le cadre du Règlement 267/03 pris en application de la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs*, tel que ce règlement a été modifié.

RÈGLEMENT ET NORMES APPLICABLES AUX PROJETS À LA FERME

La Canadian Farm Builders Association (CFBA) a publié de nouvelles directives portant sur le béton en réponse aux préoccupations du public concernant l'intégrité environnementale des bâtiments agricoles et des structures d'entreposage du fumier. Avec l'aide d'ingénieurs consultants, du MAAO, de la Ready Mixed Concrete Association of Ontario, d'entrepreneurs et de responsables du bâtiment, des directives ont été élaborées pour veiller à ce que tous les nouveaux projets de construction respectent les changements récents à la norme A23.1 de la CSA , le *Code du bâtiment de l'Ontario* et le *Code national de construction des bâtiments agricoles.*

En particulier, les exploitants qui mélangent eux-mêmes le béton qu'ils destinent à des constructions agricoles doivent prendre connaissance des différents règlements, codes et normes du bâtiment. Avant de mélanger le béton, il faut se familiariser avec les exigences suivantes :

- CSA A23.1, *Béton : constituants et exécution des travaux* (Association canadienne de normalisation);
- CSA A23.3 *Calcul des ouvrages en béton;*
- *Code du bâtiment de l'Ontario;*
- *Code national de construction des bâtiments agricoles;*
- Règl. de l'Ontario 267/03 et ses modifications ainsi que les protocoles qui s'y rattachent en vertu de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs* (LGEN);
- NSTS-04, Installations d'entreposage en béton, en acier ou en matériaux équivalents.

Les exigences relatives au béton sont décrites à la partie VIII, Normes relatives au choix du site et à la construction, et à la partie VII, Exploitations d'alimentation des animaux d'élevage à l'extérieur, du Règlement 267/03 pris en application de la LGEN, tel qu'il a été modifié. La norme technique NSTS-O4 établit les normes minimales à respecter relativement aux caractéristiques du béton servant à la construction d'installations d'entreposage en béton. Les normes et exigences de conception relatives aux fondations, aux planchers et aux parois en béton sont couvertes par le *Protocole de sélection d'un site et de construction*. La qualité du béton est aussi décrite dans des normes établies traitant des constituants et des caractéristiques du béton, de l'entraînement d'air, des adjuvants, de la résistance aux sulfates et de l'épaisseur d'enrobage des armatures. La norme technique NSTS-04, Installations d'entreposage en béton, en acier ou en matériaux équivalents, du Protocole de sélection d'un site et de construction, renvoie en général aux normes CSA A 23.1 et A23.3.

BÉTON PRÊT À L'EMPLOI

Commander le béton prêt à l'emploi en fonction de son utilisation projetée. Utiliser du béton à haute résistance dans les endroits prédisposés à l'usure. Pour les **travaux à plat**, utiliser des agrégats de 40 mm (1½ po) au maximum et un affaissement de 50 à 100 mm (2–4 po). Pour les **travaux coffrés**, utiliser des agrégats de 20 mm (3/4 po) au maximum et un affaissement de 75 à 125 mm (3–5 po). L'affaissement du béton est une caractéristique qui décrit l'ouvrabilité du mélange de béton non durci. Plus l'affaissement est grand, plus le mélange est fluide.

En plus des caractéristiques mentionnées plus haut, tout béton employé à la ferme doit être de type « à air entraîné ». La présence de minuscules bulles d'air dans le mélange diminue considérablement les dommages par le gel et le dégel ainsi que par les acides. Préciser un entraînement d'air de 5–8 % si les agrégats ont 20 mm (3/4 po). **Ne pas ajouter plus d'eau**. La bonne quantité d'eau a été ajoutée au mélange à l'usine. L'ajout d'eau ne ferait qu'affaiblir sérieusement et en permanence la résistance du béton à la compression, sa durabilité et son étanchéité à l'eau.

Voici un aperçu des avantages qu'offre un béton prêt à l'emploi provenant d'un fournisseur agréé en vertu de la Ready Mixed Concrete Association of Ontario (RMCAO) :

- respect des normes relatives au rapport eau-ciment et des normes CSA;
- constituants du béton soumis à des tests et certifiés avant leur utilisation;
- béton constamment soumis à des contrôles de la qualité et à des tests visant à garantir le respect des normes minimales;
- audits et vérifications des installations des membres.

Le béton prêt à l'emploi peut être produit comme béton à hautes performances lorsque les applications nécessitent une durabilité, une résistance à la compression et une imperméabilité accrues. Le béton à hautes performances possède un rapport eau-ciment de moins de 0,36 et affiche la résistance à la compression minimale à 28 jours prévue par un ingénieur. Voici des exemples d'applications où le béton à hautes performances est recommandé : poutres armées, dalles et colonnes surmontant des fosses à fumier et des silos, caillebotis et structures fortement exposées à des produits chimiques.

RÉSUMÉ

Le béton est utilisé dans presque toutes les constructions agricoles. Le respect des directives présentées dans cette fiche technique ainsi que de tous les codes et règlements applicables est un gage de structures en béton ayant la résistance, la durabilité et l'intégrité voulues.

Références et Sources

- Règlement de l'Ontario 267/03 pris en application de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*, tel qu'il a été modifié.
- Norme technique NSTS-04, Installations d'entreposage en béton, en acier ou en matériaux équivalents, du *Protocole de sélection d'un site et de construction*.
- CSA A23.1, *Béton : constituants et exécution des travaux*.
- CSA A23.3, *Calcul des ouvrages en béton*.
- *Code du bâtiment de l'Ontario*.
- *Code national de construction des bâtiments agricoles*.

- *Specifying Concrete for Agricultural Applications* M-9012, Service des plans du Canada.
- ASTM C494, *Specifications for Chemical Admixtures for Concrete.*
- *Concrete Thinking in Agriculture Solutions: Concrete Manure Storage Structures, Specifications and Standards in Canada.* Cement Association of Canada, Dennis Darby, 2003.
- *Guidelines for Concrete Specifications*, Canadian Farm Builders Association (CFBA)

Nous remercions le Secrétariat d'État pour sa contribution financière à la réalisation de la présente fiche technique.

Cette fiche a été rédigée par **John Johnson**, ingénieur, Structures, Direction de la gestion des ressources, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, London.

Connaissez-vous la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs de l'Ontario* et la réglementation connexe?

La *Loi sur la gestion des éléments nutritifs* (*LGEN*) de l'Ontario et le Règlement 267/03, tels que modifiés, régissent l'entreposage, la manutention et l'épandage des matières nutritives qui peuvent être épandues sur des terres agricoles cultivées. L'objectif est de protéger les ressources en eau de surface et souterraine de l'Ontario.

Veuillez consulter le Règlement et ses protocoles pour connaître les modalités précises d'application de la *LGEN*. Les conseils contenus dans la présente fiche technique sont d'ordre pratique seulement. Pour toute question concernant vos obligations juridiques, adressez-vous à un avocat.

Pour de plus amples renseignements sur la *LGEN*, vous pouvez appeler la ligne d'information dédiée à la gestion des éléments nutritifs au 1 866 242-4460, envoyer un courriel à *nman@omaf.gov.on.ca* ou visiter le site www.omaf.gov.on.ca.

Les fiches techniques sont constamment mises à jour; assurez-vous d'avoir en main la plus récente version.

NOTES PERSONNELLES

Centre d'information agricole de l'Ontario
1 877 424-1300
ag.info@omaf.gov.on.ca

www.omaf.gov.on.ca

POD
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 04-021)

Ontario

0121010040 22